取扱説明書

AA-170

アンテナ・アナライザー (0.1 ～ 170 MHz)

RigExpert®

日本語版作成：JA1SCW　日下　覚
第1版　2013.02.01

目次

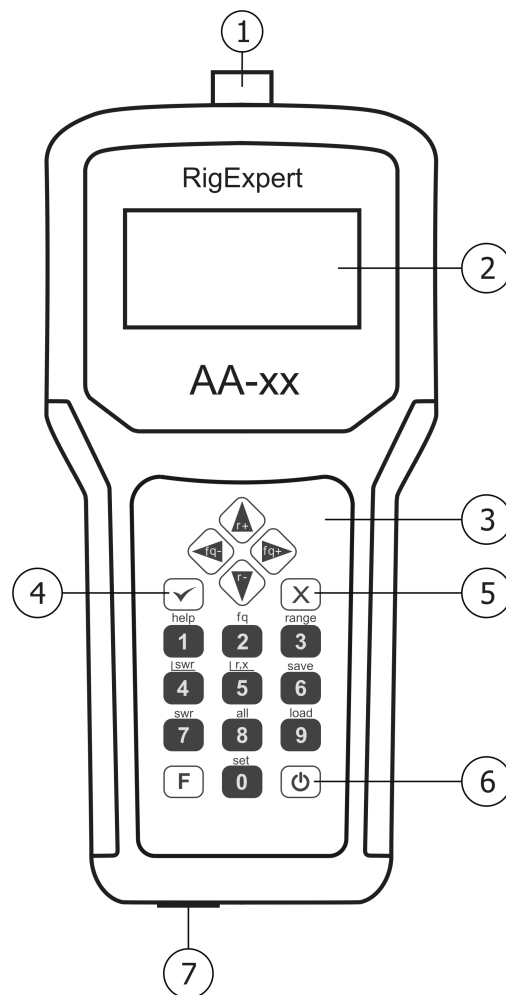
1. 概　要

　リグエキスパート AA−170 は強力なアンテナアナライザーで、アンテナとフィーダの試験、検査、調整あるいは修理を目的に設計されています。

グラフによる SWR（定在波比）と インピーダンス表示はこのアナライザーの主力機能でアンテナ調整時間を著しく短縮できます。

リグエキスパート AA シリーズ・アナライザーの簡単な使い勝手の計測モードに加えて、メモリー保存と PC 接続機能（スミスチャート、SWR カーブなど）は趣味・業務用途で有用です。

以下の事項はリグエキスパート AA シリーズ・アナライザー を使えば簡単に行えます。

- 迅速なアンテナチェック
- アンテナ共振点の追い込み調整
- 雨、台風などの前後での特性比較
- 同軸スタブ製作とそのパラメータ測定
- ケーブルの不良位置の特定
- キャパシタンスとインダクタンスの測定

1. アンテナコネクター
2. LCD 画面
3. キーパッド
4. ok ボタン（測定開始終了・Enter）
5. cancel ボタン（メインメニュー終了、キャンセル）
6. 電源 ON/OFF ボタン
7. USB コネクター

2. 仕様

周波数範囲：0.1 ～ 170 MHz
周波数入力の最小ステップ： 1 kHz
SWR 測定範囲： 1 ～ 10
SWR 測定用基準Z： 50Ω および 75Ω
SWR 表示：数値または棒グラフ
R/X 測定範囲： 数値表示：R＝0 ～ 1000Ω、X＝ －1000 ～ ＋1000 Ω
グラフ表示：R＝0 ～ 200Ω、X＝－200 ～ ＋200Ω

画面表示モード：

- SWR ＠単一周波数またはマルチ周波数
- SWR, R, X, Z, L, C ＠単一周波数
- SWR グラフー100 点プロット
- R,X グラフー100 点プロット

RF 出力：

- コネクター形状：M
- 出力信号波形：矩形波
  基本波 0.1 ～ 34MHz および3/5次高調波
- 出力電力：約 −10 dBm (50Ω 負荷時)

電源：

- 単3アルカリ電池 1.5V x 3本
- 単3ニッケル水素 (Ni-MH) 1.2V/1800～2700 mAH x 3本 ＊
- 連続計測：最大3時間、スタンバイモード：最大２日間 (いずれも満充電電池にて)
- USBコネクター経由電源供給：PCまたは外部電源から可能

インターフェース：

- 128x64 グラフィカル LCD バックライト付
- 6x3 防滴キーパッド
- 日本語対応メニューとヘルプ画面
- PC との USB 接続

大きさ： 220 x 100 x 36 mm
環境温度範囲： 0 ～ 40 ° C
質 量： 400g (バッテリーを含む)

＊ ニッケル水素 (Ni-MH) 電池はアナライザーに付属品されていません。電池および充電器は別途お買い求め下さい。

3. ご注意

落雷とか近接送信によりアナライザーが破壊される恐れがあるので、使用後は必ずアナライザーをアンテナから外して下さい。

雷雨時にはアナライザーをアンテナに接続しないでください。
直接雷とか誘導雷でアナライザーが壊れる恐れがあります

直流電源または送信機出力をアナライザーに加えないでください。
送信中のアンテナに隣接するアンテナにアナライザーを接続しないでください。

アナライザーにケーブルを接続する際の静電気ショックを回避するために、接続前にケーブルを接地してください。

お使いにならない時は、アナライザーを動作させたまま、測定モードで放置しないでください。近辺の受信機に妨害を与える可能性があります。

PC と一緒に使う場合は、最初に測定対象のアンテナをアナライザーに接続してから、アナライザーを PC の USB ポートに接続します。
こうすることで静電放電による障害からアナライザーを防御します。

4. 使い方

4.1. 仕用前の準備

アナライザー下側の電池ボックス・カバーを開けて、電池の極性（+/−)に注意して満充電の 1.2V 単３ニッケル水素 (Ni−MH)電池または 1.5V 単３アルカリ乾電池を入れてください。

注意事項:

- 古い電池と新品電池を混用しない
- ニッケル水素電池とアルカリ電池を混用しない
- 電池を加熱・分解しない
- 電池をショートさせない
- アルカリ電池を充電しない

ニッケル水素 Ni−MH 電池の充電には推奨の充電器をお使い下さい。

電池の電解液の漏洩はアナライザーに深刻な損傷を与える恐れがあります。

アナライザーを長期間使用しない時は、電池を取出して冷暗所に保管下さい。

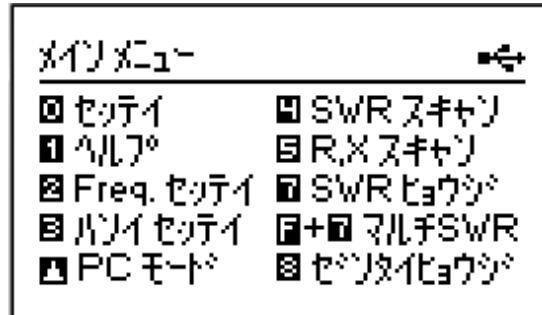
4.2. アナライザー電源の ON−OFF

キーパッドの右下角に配置されている、パワー・ボタンでアナライザーの電源を ON−OFF します。このボタンを押すと、LCD画面にファームウェアーのバージョン番号と電池電圧が表示されます。

リグエキスパート アンテナアナライザーの操作画面は簡素だが効果的にアナライザーを操作できるように考えられています。

注意　:　アンテナ・ケーブルをアンテナ端子に接続する時に端子中心の芯線受け側導体を強引に回転させる（こね回す）とコネクターが壊れます。回すのはコネクターの外被側の固定用金具だけにして下さい。

4.3. メインメニュー

アナライザーの電源を入れると、次の様なメインメニューがLCD画面に表示されます。

メインメニューには、主要項目が表示されます。キーパッドのキーを押すと、対応する測定モードの選択、周波数の入力、その他のパラメータ入力ができます。

メインメニュー画面の右上隅に2種類のアイコンのどちらかが表示されます。

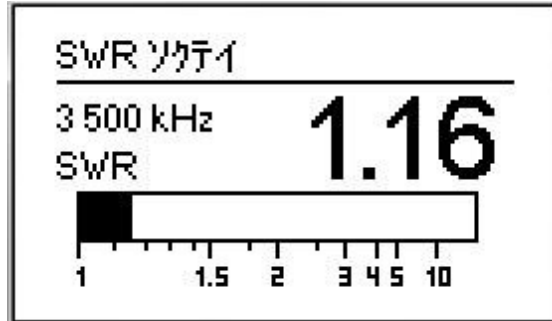
- 電池アイコンは USB 接続でない時に電池の放電状態を表示し、放電終止に近づくと点滅を始めます。
- USB アイコンはアナライザーが PC に接続された時または USB 端子経由で外部電源が接続された場合に表示されます。

AA シリーズ・アンテナアナライザーは操作に必要なヘルプ・メニューを備えています。1 キーを押すと使用中のモードで利用可能なキーとその説明が表示されます。

4.4. 単一点と複数点の測定モード

単一点測定モードでは、目的周波数におけるアンテナまたは他の負荷の種々のパラメータを計測できます。複数点測定モードでは、最大で5つの異なる周波数を指定できます。

4.4.1. SWR モード

SWR モード（メインメニューで 7 キーを押す）では測定結果の数値表示と SWR のバーグラフが表示されます。

希望の周波数を 2 キーで設定します。左右向きの矢印キーで周波数を増減できます。

ok キーを押すと測定開始あるいは測定停止になります。測定を開始すると右上のアンテナアイコンが点滅を始めます。

1 キーを押すと、役に立つコマンドリストが表示されます。

4.4.2. MultiSWR モード

リグエキスパート AA-170 アンテナアナライザーは、５周波数までの SWR を同時に表示できるユニークな機能を備えています。

マルチSWR

6 700 kHz SWR: 1.26
14 100 kHz SWR: 2.5
21 200 kHz SWR: 1.28
75 000 kHz SWR: 1.6
100 000 kHz SWR: 1.27

数値表示

棒グラフ表示

マルチバンド アンテナの調整にこの機能が使えます。カーソルを上下させて周波数変更または設定を行います。 0 キーを押すことで SWR バー（上図右）と数値表示（同左）を切り替えられます。

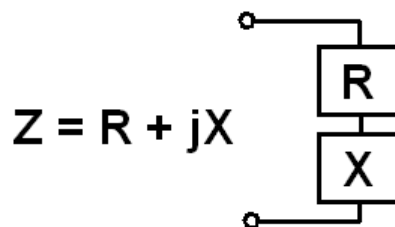
4.4.3.「全体表示」モード（全項目表示）

全体表示モード（ 8 キー)は、1つの画面上に様々なパラメータを表示します。特に、SWR, |Z| (インピーダンスの絶対値)が 抵抗成分 (R) およびリアクタンス成分 (X)同様に表示されます。さらにインダクタンス (L)またはキャパシタンス (C)に対応する値が表示されます。

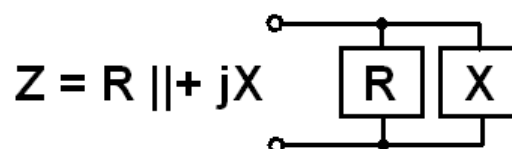
このモードにおいては、設定メニューより負荷のインピーダンスモデルとして直列モデルあるいは並列モデルのいずれかを選択できます。

- 直列モデルでは、インピーダンスは抵抗とリアクタンスが直列に接続されているとして表現できます。

$$Z = R + jX$$

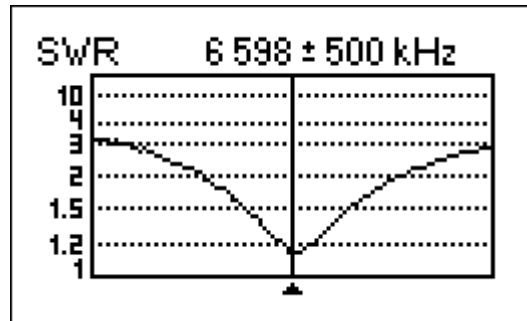
R
X

- 並列モデルでは、インピーダンスは抵抗とリアクタンスが並列に接続されているとして表現できます。

$$Z = R \,||+ jX$$

R X

4.5. グラフモード

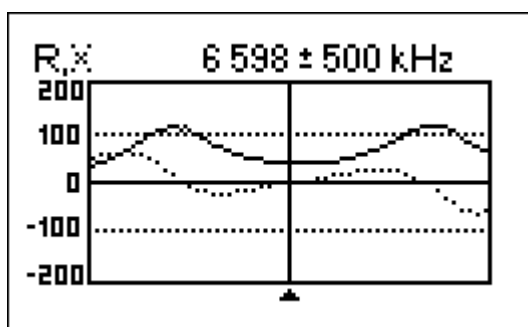
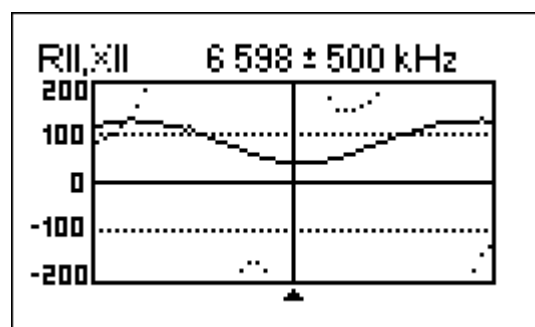
リグエキスパート AA シリーズ・アンテナアナライザーの主要機能の一つが負荷の種々のパラメータをグラフで表示できる機能です。グラフ表示は特定の周波数帯におけるパラメータの振る舞いを見るのに特に有用です。

4.5.1. SWR グラフ

SWR グラフモード（メインメニューで **4** キーを押す）では、指定した周波数範囲で SWR（定在波比）をプロットしてくれます。

中心周波数を（ **2** キー）で、あるいは周波数スキャン範囲を（ **3** キー）で設定します。また、矢印キーにてそれらの数値を増減します。 **ok** キーでグラフをリフレッシュ（更新すなわち再測定）します。

0 キーによりアマチュアバンドのリストを開き、希望の中心周波数とスキャン範囲を設定できます。 そしてまた、この機能によりアナライザーの全周波数範囲も見ることができます。**1** キーを押すと、このモードで使えるキーとその簡単な機能説明を見ることができます。

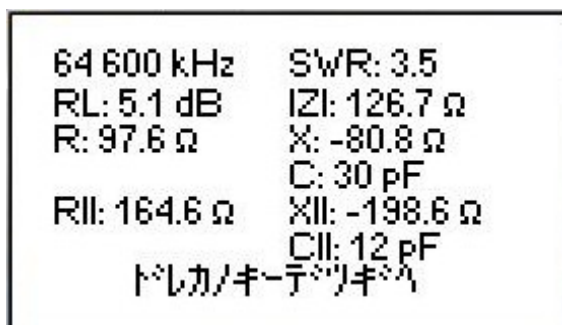
4.5.2. R、X グラフ

R、X グラフ モード （メインメニューで **5** キーを押す）では、 R （インピーダンスの実数部）と X （虚数部）がそれぞれ実線と破線で描画されます。

R、X グラフ – 直列モデル

R||,X|| グラフ – 並列モデル

これらのグラフにおいて、正のリアクタンス値 (X)は誘導性負荷に相当し、 負のリアクタンス値は容量性負荷に相当します。セッテイメニューで直列モデルまたは並列モデルを選択することでグラフの様子が異なってきますのでご注意ください。

4.5.3. データ画面

SWR グラフと **R,X** グラフ・モードで、 F + 1 の二重押しでカーソル位置の様々なパラメータの表示が出来ます。

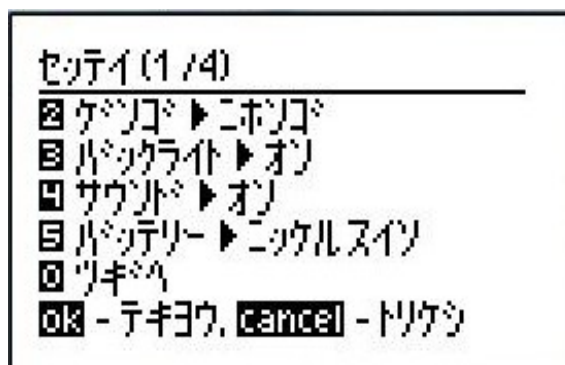
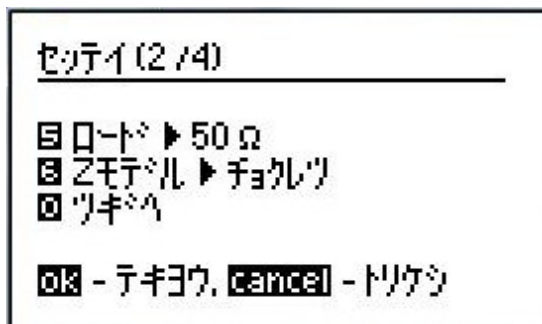
64 600 kHz　SWR: 3.5
RL: 5.1 dB　|Z|: 126.7 Ω
R: 97.6 Ω　X: -80.8 Ω
C: 30 pF
R||: 164.6 Ω　X||: -198.6 Ω
C||: 12 pF
ﾄﾞﾚｶﾉｷｰﾃﾞﾂｷﾞﾍ

4.5.4. メモリー操作

SWR グラフと R、X グラフモードで、（ 6 キー）を選択するとメモリー管理画面が開きます。指定メモリーに保存したデータは後から（ 9 キー）で呼び出せます。

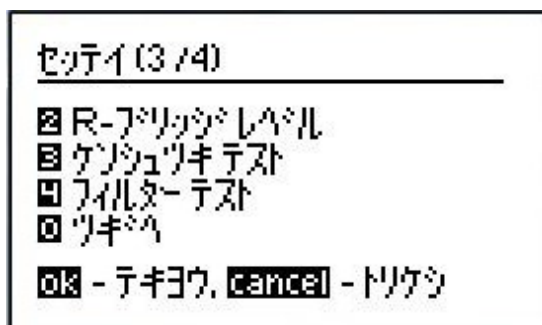
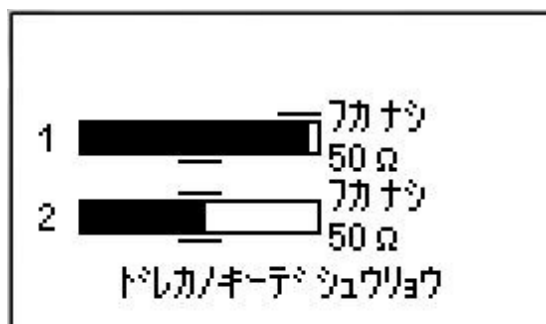
さらに、 F + 9 の二重押しでメモリーのスロット名を変更できます。

4.6. 設定メニュー

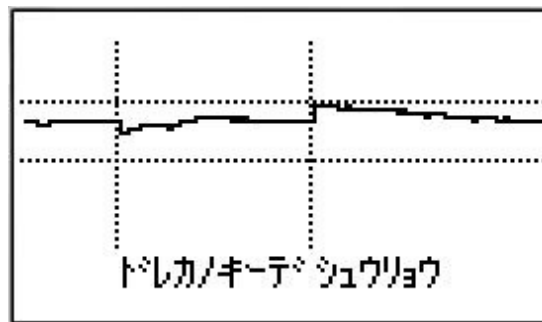
セッテイ メニュー （メイン メニューで 0 キーを押す）にはアナライザーの色々な設定が含まれています。最初のページにあるコマンドは次です。

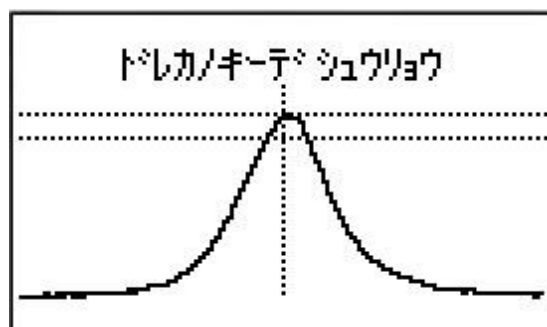
ｾｯﾃｲ (1/4)
2 ｹﾞﾝｺﾞ ▶ﾆﾎﾝｺﾞ
3 ﾊﾞｯｸﾗｲﾄ ▶ｵﾝ
4 ｻｳﾝﾄﾞ ▶ｵﾝ
5 ﾊﾞｯﾃﾘｰ ▶ﾆｯｹﾙｽｲｿ
0 ﾂｷﾞﾍ
ok - ﾃｷﾖｳ, cancel - ﾄﾘｹｼ

2 – 言語選択
3 – バックライトの ON/OFF
4 – サウンドの ON/OFF
5 – SWR 測定用基準Zの選択、50Ω または 75Ω
0 – 第２頁の SWR と R,X 表示のオプション設定へ移動

5 − SWR 測定用基準Zの選択、50Ω または 75Ω

6 − 負荷モデルの選択、直列または並列

0 − 第３頁(アナライザーの動作チェック用コマンド群の頁) へ移動

2 − RF ブリッジテスト　アンテナコネクターに何も接続されていないと、下の画面のようなバーが表示されます。

50Ωを接続時：バーは対応する位置になる(「フカナシ」と「50Ω」の横線位置に着目)。

もしも、バーが全く見えない時は、アナライザーの RF 出力段と検波器が、あるいはどちらかが正しく動作していません。

3 – アンテナ端子を開放にした時の、検出器出力ー周波数のグラフ表示は下図の様になります。

電圧カーブは2本の水平破線の間に表示されるはずです。グラフの出力変動はアナライザーのサブバンド（バンド切替）によるものです。

4 – 無負荷時バンドパス・フィルターの周波数特性は下図の様に画面表示されます。

多少のズレはあるが、カーブの先端は2本の水平破線の間で画面中央に表示されます（無負荷時）。

0 –リセット・コマンドのある4ページに移動

ｾｯﾃｲ (4/4)

2 ｽﾍﾞﾃ ﾘｾｯﾄ
3 ｸﾞﾗﾌ ﾘｾｯﾄ
0 ﾂｷﾞﾍ

ok - ﾃｷﾖｳ, cancel - ﾄﾘｹｼ

2 – 工場出荷状態にリセット
3 – 全 100 グラフ・メモリーのリセット
0 – 最初の頁、メイン・メニューに戻る

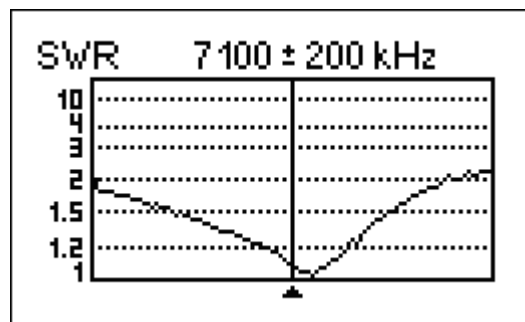
4.7. コンピュータとの接続

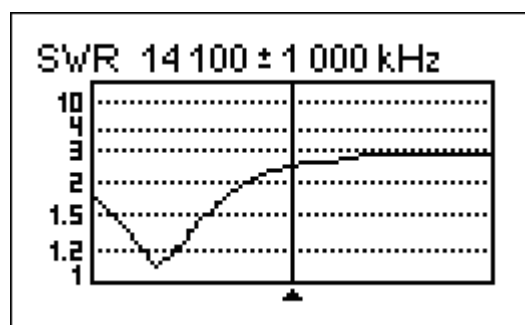
リグエキスパート AA シリーズ・アンテナアナライザーをPCと接続して測定結果を画面上に表示し、LCD画面上の画像をPCに取り込めます。また、ファームウェアーのアップデートにもPCを使います。通常の USB ケーブルでPCに接続します。同梱CDに必要なソフトは含まれています（あるいは www.rigexpert.com からダウンロード）。詳細は、インストール後に同梱のソフトウェアーマニュアルをご覧ください。

5. 応　用

5.1. アンテナ

5.1.1. アンテナの検査

アンテナを送受信機につなぐ前に検査するのは良い考えです。SWR グラフモードはアンテナ検査に適しています。

上図は HF 帯のアンテナの SWR カーブです。中心周波数 7.1 MHzの SWR は 1.1 を示しており、非常に良好です。

下図は希望運用周波数 14,1MHz における簡単なダイポールアンテナの SWR グラフです。

実際の共振周波数はおおよそ 13.4 MHz で希望値から大きく離れています。14.1 MHz での SWR はおおよそ 2.5 で、大概の場合許容されない値です。

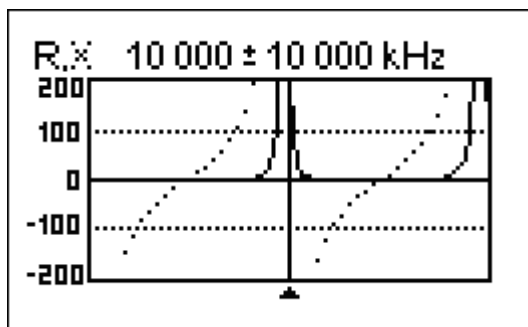
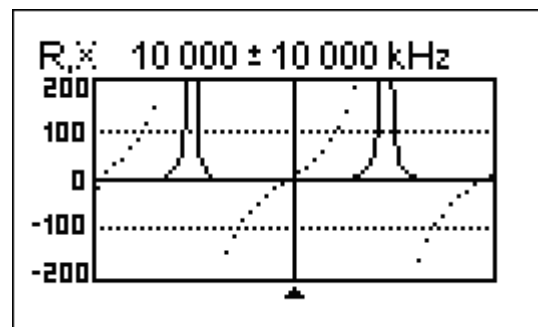
5.1.2. アンテナの調整

アンテナが希望周波数から外れていると診断される場合は、アナライザーがその調整を助けてくれます。ダイポールのように単純なアンテナでは、実際の共振周波数と希望の周波数がわかれば物理的な寸法を合わせこめます。

他の形のアンテナでは複数の要素（コイル、フィルターなどを含む）を調整しなくてはならないのでこの方法では問題を解決できません。その場合は、SWR モードまたはゼンタイヒョウジ モードにより、アンテナの様々なパラメータを変えた時の結果を連続的に見ます。

マルチバンドアンテナには マルチ SWR モードを使います。1つの調整要素（キャパシター、コイル、アンテナの寸法の微調整）を変えると如何に SWR に影響するかが簡単に異なる５周波数まで見られます。

5.2. 同軸ケーブル

5.2.1. 開放端と短絡端ケーブル

開放端ケーブル

短絡端ケーブル

上図は１本の 開放端ケーブルの R と X のグラフです。Xがゼロになる点が共振周波数です。
開放端の場合、共振周波数は左から右へ 1/4、3/4、5/4 波長、・・・・. になります。
短絡端の場合、共振周波数は左から右へ 1/2、1、3/2 波長・・・・となります。

5.2.2. ケーブル長の測定

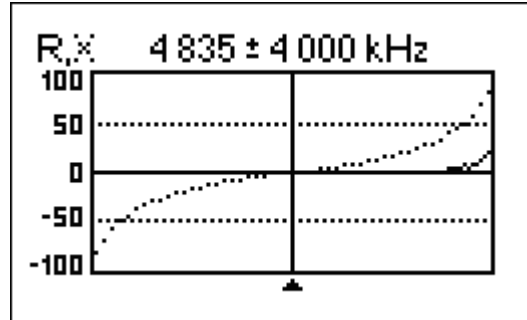
ケーブルの共振周波数はケーブルの長さと速度計数に依存します。

速度計数は真空中の電波伝播速度に比べてケーブルの中の伝播がどの位に遅くなるかという特性を示すパラメータです。真空中の電波あるいは光の速度は電磁波定数、c=299,792,458 m/sec としてよく知られています。

ケーブルのタイプによって速度係数は異なります。例えば、RG−58 の係数は 0.66. このパラメータは製造工程とケーブル素材によって変わるということにご注意ください。

物理的なケーブル長を計測するには；

1. 単一点測定モードか R,X グラフで共振周波数を表示する。

例：

RG-58 ケーブルの開放端 1/4　波長、
共振周波数は 4835 kHz

2. 特定ケーブルの電磁定数と速度係数を知り、ケーブル中の電磁波の進行速度を求 めてみます。

　　例：　299,792,458 ＊ 0.66　= 197,863,022 m/s

3. 上記の速度を共振周波数（Hz）で割りケーブル長を計算し、その結果にその共振周波数の位置に対応する数値(1/4, 1/2, 3/4, 1, 5/4 など)を掛けます。

　　例：　197,863,022 / 4,835,000 ＊ (1/4) = 10.23 m
　　（ケーブルの実測値は 10.09 m で計算値との差異は約 1% でした。)

5.2.3. 速度係数の測定

共振周波数とケーブル長が判れば、速度係数は簡単に実測できます。

1. 上述のように共振周波数を見つけます。

   例： 10.09 m 長の開放端ケーブルで 1/4 λ における共振周波数は 4835 kHz です。

2. ケーブル中の電磁波の伝播速度を求めます。ケーブル長を 1/4, 1/2, 3/4, etc.（共振周波数の位置による）で割り、その周波数（Hz）を掛ける。

   例： 10.09 / (1/4) * 4,835,000 = 195,140,600 m/s

3. 最終的に速度係数を求めます。上記の速度を電磁定数で割るだけです。

   例： 195,140,600 / 299,792,458 = 0.65

5.2.4. ケーブルの欠陥位置

ケーブル中の考えられる欠陥位置を見つけるには、ケーブル長を計測するのと同一の手法が使えます。リアクタンス成分（X）がゼロ付近になる周波数での振る舞いを注視します。

- もしも X が −∞ から 0 に変化する場合は、ケーブルは開放端です。
- もしも X が 0 から +∞に変化する場合は、ケーブルは短絡端です。

5.2.5. λ/4、λ/2、その他の同軸スタブの製作

同軸ケーブルはバラン、伝送路トランス、あるいは遅延線としてしばしば用いられます。

予め決められた電気長のスタブを製作する。

1. ケーブル長の計算: 電磁定数を目的の周波数(Hz)で割り、その結果にケーブルの速度係を掛けてから、希望する比(対 λ 比)を掛けます。

   例: 28.2 MHz 用 λ/4 スタブ、RG-58 ケーブル (速度係数:0.66)

   299,792,458 / 28,200,000 * 0.66 * (1/4) = 1.75 m

2. 上で求めた長さより若干長めのケーブルを切って、アナライザーに繋ぎます。λ/4、3λ/4 などのスタブでは、ケーブルは開放端でなければなりません。また、λ/2、3λ/2 などのスタブでは短絡端でなければなりません。

   例: 長さが 1.85 m (余裕: 10 cm)の開放端ケーブル

3. アナライザーを「ゼンタイ ヒョウジ」モードに切り替えます。周波数をスタブ設計値に合わせます。

   例: 28,200 kHz

4. 先の方から少しずつ (余裕長の 1/10 ~1/5) 切って行き、リアクタンス X 成分がゼロ(又は符号が変化)になるまで続けます。切ったら再測定することを忘れないようにして下さい。

   例: 11 cm 切断

5.2.6. インピーダンス特性の測定

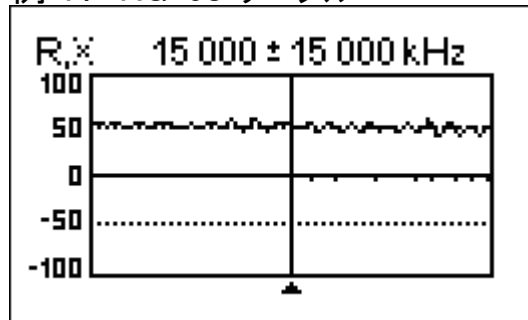
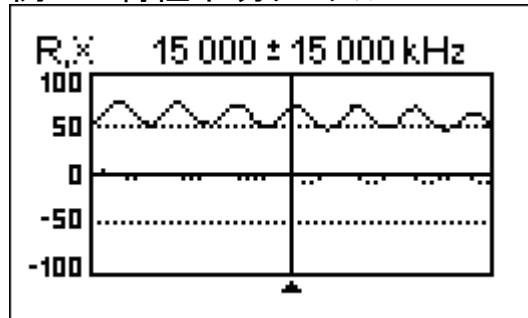
同軸ケーブルの主要パラメータの一つがインピーダンス特性です。普通、製造会社はケーブル表面に特性を印刷しています。しかし、ある特定のケースでは正確な特性は不明であるか、または疑わしい。

ケーブルのインピーダンス特性を測るには；

1. 無誘導抵抗をケーブル端に接続します。抵抗値はさほど重要ではありません。しかし、50Ω または 100Ω の抵抗をお使いになることをお勧めします。

   例 1:　RG-58 ケーブルを 51 Ω で終端
   例 2:　 特性不明ケーブルを 51 Ω で終端

2. R,X グラフモードにして全周波数範囲で測定します。

   例 1:　RG-58 ケーブル

   例 2:　特性不明ケーブル

3. 表示範囲を変え更にスキャンを行い、R (実線)が最大と最小になる周波数をそれぞれ 見つけます。それぞれの周波数で X (破線)がゼロクロスします。
   例 1:　6.5 MHz – 最大、12.25 MHz – 最小
   例 2: 13.25 MHz – 最大、29.5 MHz – 最小

4. アナライザーを「ゼンタイヒョウジ」モードにして、上記周波数における R の値を読み取ります。
   例 1: 54.4 Ω – 最大、51.1 Ω – 最小
   例 2: 75.2 Ω – 最大、52.1 Ω – 最小

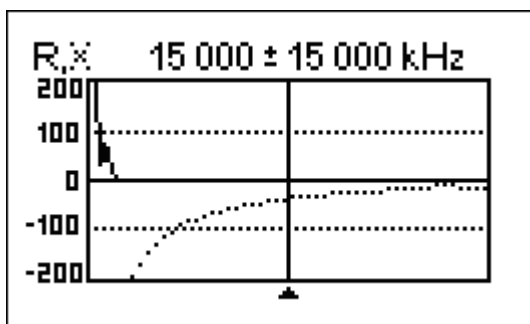
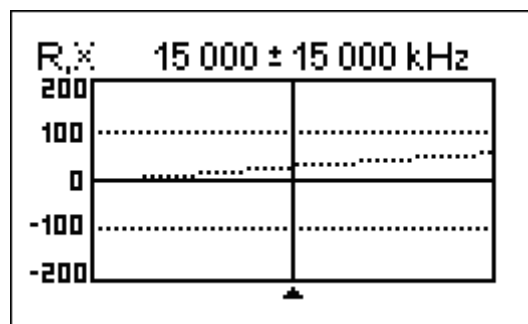
5. 最大値と最小値の積の平方根を求めます。
例 1： sqrt (54.4 ＊ 51.1) = 52.7 Ω
例 2： sqrt (75.2 ＊ 52.1) = 62.6 Ω

5.3. その他の要素の測定

アナライザーはアンテナおよび給電線路を対象に設計されているのだが、他の RF 素子のパラメータの測定にも問題なく使えます。

5.3.1. キャパシタンスとインダクタンス

アテナアナライザーは数 pF から約 1 μ F までのコンデンサーおよび数 nH から約 100 μ H までのインダクターを測定できます。コンデンサーまたはインダクターは RF コネクターにできるだけ近くで接続して測るようにして下さい。

1. 「R,X グラフ」モードにして、全スキャン範囲でスキャンします。

例 1：不明なキャパシター

例 2：不明なインダクター

2. 左右の矢印キーで周波数を キャパシターの場合 X が −25～−100 Ω の範囲で、インダクターの場合は X が 25～100 Ω の範囲でスクロールします。必要ならスキャン範囲を変えて再試行します。

3. ｾﾞﾝﾀｲﾋｮｳｼﾞ にしてキャパシターあるいはインダクターの値を読み取ります。

ｾﾞﾝﾀｲﾋｮｳｼﾞ
5 000 kHz SWR: ∞
RL: 0.0 dB |Z|: 406.4 Ω
R: 5.1 Ω X: -406.3 Ω
C: 78 pF
R||: ∞ X||: -406.4 Ω
C||: 78 pF

例 1：不明なキャパシター

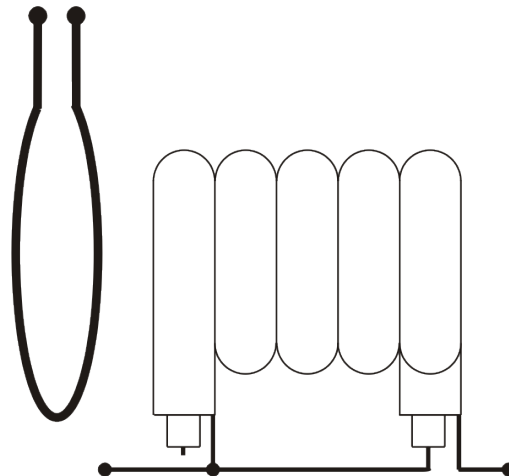
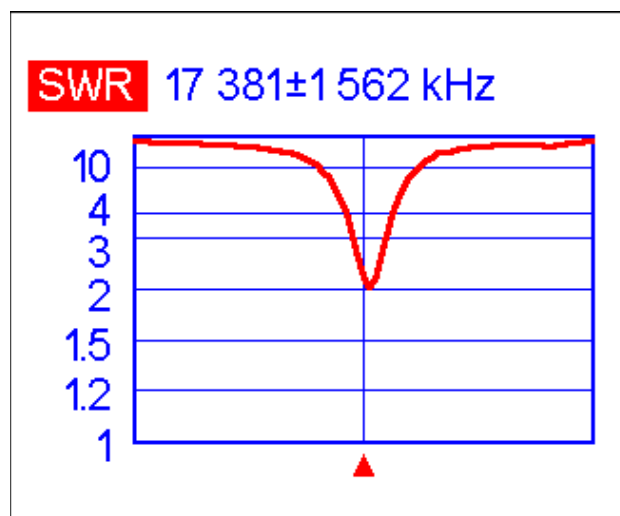
例 2：不明なインダクター

5.3.2. トランス

RigExpert アナライザーは RF トランスの検査用途に使えます。1 : 1 トランスでは2次側に 50Ω の抵抗を接続して、「SWR グラフ」または「 R,X グラフ」モードでトランスの周波数特性をチェックします。1 : 1 トランス以外では抵抗値を変えて同様に測定します。

5.3.3. トラップ

マルチバンド・アンテナに使われているトラップは普通 L−C の共振回路です。1 ターン・コイルによりトラップの共振周波数を測定できます。

例 : TV ケーブルで作製した直径60 mm、5回巻の同軸トラップを測定

1ターン・コイルをアナライザーのアンテナ端子に接続し、測定対象のトラップから数 cm の距離に近づけて、SWR グラフ モードで測定した結果が下図です。トラップの共振周波数の 17.4 MHz に明らかなディップがあります。

5.4. RF 信号発生器

出力信号波形は矩形波で出力レベルは約−10dBm (50 Ω 負荷時)です。従って、アナライザーは色々な用途において RF 信号源として使えます。

30 Mhz までは基本波の矩形波が、30−100MHz の周波数では3次高調波が、100−170MHz の周波数では5次高調波が使われます。

「SWR 」または「ゼンタイヒョウジ」モードで ok を押してから 2 キーを押すと RF 信号が得られます。

http://www.rigexpert.com

RigExpert AA-170 Antenna Analyzers
is made in Ukraine

28-Aug-2013, firmware ver. 201.